

## 家畜廃棄物のリサイクリング

誌名	農業技術
ISSN	03888479
巻/号	327
掲載ページ	p. 303-307
発行年月	1977年7月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 家畜廃棄物のリサイクリング

—クローズド処理システムと飼料草の利用による家畜廃棄物の飼料化—

遠藤 織太郎

## 1. はじめに

わが国の畜産は、輸入飼料に依存して発展してきたため、膨大な飼料資源を国内に持込み、畜産廃棄物を狭い国土内に蓄積させることとなり、その対策が深刻な問題となっている。他方、近年における世界的な飼料需給の基調における変化は、輸入飼料の高騰をきたし、わが国畜産経営は全く不利な条件下におかれている。

これらを考え合せると、将来のわが国畜産の発展のためには、リサイクリングを建てまえとする畜産クローズドシステムの確立が緊要であることが指摘できる。

特に家畜廃棄物を飼料に更生するシステムの確立は、増大する飼料不足を解消し、実質的に畜産公害を取り除き、今後、ますます増大する国内の畜産物需要に対する安定供給が確保されるという面で、農業上面積的な出来事になるであろう。

当研究所においては、昭和37年頃より家畜廃棄物より再生資源を生産し、これを多角利用するための実験研究を実施しているが、これまでに、家畜廃棄物を飼料、SCP(クロレラなど単細胞蛋白)、活性炭化物、菌茸類培地、コンポストなどに効率的に転換するきわめて効果的な成果を得ている。

そこで、ここでは家畜廃棄物のリサイクリングについて、内外の状況と筆者らが開発を進めている家畜廃棄物のクローズド処理システムの構想ならびに研究の一端である飼料草を用いた家畜廃棄物の飼料化などについて紹介してみたい。

## 2. 内外の動静

畜産におけるリサイクリングは、ここ四、五年のうちに資源の豊富なアメリカにおいても、きわめて活発に研究されはじめているものである。

リサイクリング(Recycling)とは再び循環することという意味であるが、畜産においては、家畜廃棄物を再び家畜の飼料の一部として還元しようとする考え方である。

したがって、リフィーディング(Refeeding)と表現した方がより適切ともいえる。

リサイクリングを考えると重要なことは、家畜に還元される畜産廃棄物が、流通飼料原料として用いられる

のかどうかという点にある。

アメリカにおいては、畜産廃棄物を流通飼料として考えず、自己経営内で処理し、家畜に還元する場合、いままでのところ法的規制は受けていない。しかし、この場合は家畜の生産した肉や卵、牛乳の方で衛生検査、残留問題、格付等のチェックが行われ、合格品のみを流通させることにしているようである。一方、畜産廃棄物を流通飼料原料として製造・販売することは、現在のところ全面的には許可されていない。しかし、これを監督するFDA(食品医薬品局)は、すでに認可する方向で検討しているともいわれている。カルフォルニア州は、1974年にProcessed Animal Waste Products(家畜廃棄物加工製品)として、畜産廃棄物を流通飼料原料として許可した最初の州である。この場合、PAWPを取扱う企業は、その加工、製造、販売に州の認可と厳正な規制を受けることが義務づけられている。

このように、最近のアメリカにおけるリサイクリングに対する関心は高く、今後、経済的な面と環境についての問題点を十分検討したうえで、大規模に導入される可能性もあるようである。

アメリカでは、年間約17億tの畜産廃棄物が産出されている。そのうち採取可能なものを、フィードロットの牛のみについてみても、年間6億tにもなるという。このフィードロット廃棄物から抽出される蛋白は、アメリカが生産する年間大豆生産量(約4,323万t)の蛋白に等しいともいわれる。アメリカは、その実用化を今や真剣に考えているようである。

世界最大の農産物輸出国であるアメリカが、家畜廃棄物から大豆なみの飼料を製造し、短期的にはこの国の価値ある大豆生産量のかなりの量を国内の飼料向けから海外への販売に導き、長期的には将来の人類の食糧不足に対処しようとしているのである。しかし、このような動きはヨーロッパにおいても同様に見ることができる。

しかし、廃棄物をそのまま飼料としてリサイクリングする欧米の方法は、わが国の諸事情には当分なじまないものと考えられる。

ひるがっえて、わが国の家畜廃棄物は年間総量で約5,400万tである。これらの処理・利用の主なるものは、浄化後放流と土壌還元である。しかし、これらは増大する家畜廃棄物の処理対策としては問題があり、根本的対

策になっていないのが実状である。

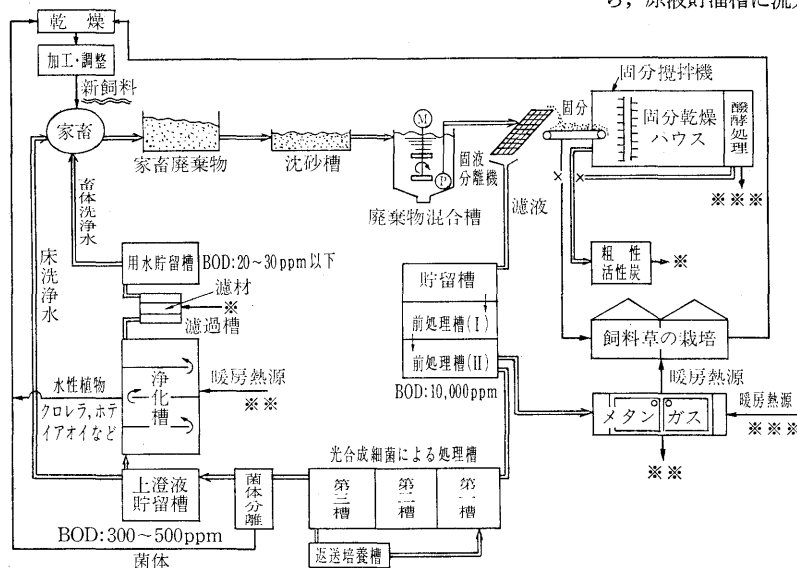
これまで、わが国におけるリサイクリングに対する関心はきわめて低かった。これらは安い飼料がいくらでも輸入できたこと、家畜廃棄物の垂れ流しが半ば黙認されてきたからである。しかし、今後は、資源リサイクリングが不可欠であり、わが国においても、ようやくその気運がもり上ろうとしている。

### 3. 畜産廃棄物のクローズド処理システムの構想

当所の営農近代化赤城実験場に開発・試作を進めているリサイクリングを実現するための家畜廃棄物のクローズド処理システムを模式的に示すと、第1図のようになる。本構想は、家畜廃棄物の飼料化と汚水の再利用化をはじめメタンガス発生により暖房熱源を確保するなどを含めた完全利用をはかり、畜産公害の解消はもとより、農家における自給飼料の増大と自家消費燃料の確保をねらったものである。

これらのシステムを構成する技術には、①家畜廃棄物利用のための処理法、②固分を可食化する飼料草の短期連続栽培法、③濾液による光合成細菌、クロレラなどのSCP栽培法、④新飼料の乾燥・加工法、⑤メタンガス発生・利用法、⑥活性炭化物の製造・利用法、⑦汚水の再利用法などがある。

これらシステムの工程は、まず①の技術を用いて家畜廃棄物を集め、これを固液分離し、固分については乾燥・醗酵処理などを行い、濾液については中和・殺菌などを



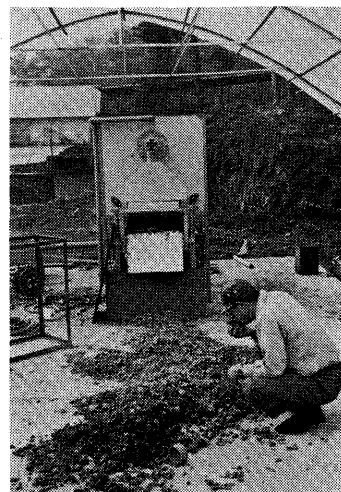
第1図 家畜廃棄物のクローズド処理システム

行う。②の技術では、飼料草(テフなど)を用いて固分の可食化をはかる。③の技術では濾液を用いSCPを効率的に生産する。これらの生産物を④の技術にて新飼料に加工調製する。そして、⑤で暖房熱源、⑥で脱臭、濾材、⑦で用水、雑用水を効果的に生産・利用し、家畜廃棄物のクローズド処理システムを完成するようにしてある。

この場合、リサイクリングは農場単位でクローズドシステムとし、これを流通飼料原料とすることは考えていない。

つぎに、上記のいくつかの工程について、少し具体的な説明を加えてみたいと思う。

1) 家畜廃棄物利用のための処理技術 家畜廃棄物を有効に利用するための前処理工程としては、固分と濾液の回収が重要である。



第2図 固分回収装置

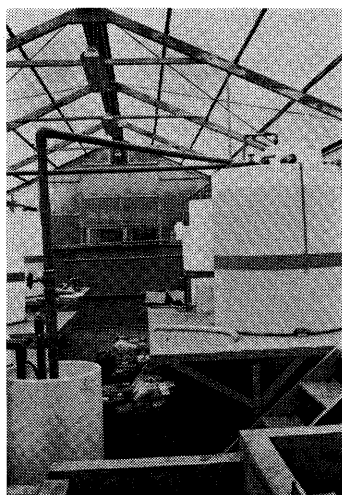
すなわち、固分回収の工程についてみると、まず、糞尿混合液は、沈砂槽にて砂と粗大夾雑物が除去されてから、原液貯溜槽に流入する。ついで、攪拌機で激しく攪拌し、これをブレードレスポンプを使って吸水し、第2図に示すロータリスクリーンを装着した固分回収装置に送水する。ここで篩別された固分はブローの風圧によりスクリーンから剥落され、搬出コンベアに落下し、これが脱水ローラにより脱水固分として排出される。この場合、余水排出は溢流排出路を通じて行われ、濾液はロータリスクリーン下部にある受皿に落ち、濾液排出口より濾液槽に送入される。排出固分は固分乾燥機に設置された移動式固分攪拌機でハウス内に移送され天日乾燥されるようになっている。本装置に用いる電動機は①ロータ

リースクリーン（三相、200V、750W）、②ブロー（三相、200V、400W）、③吸水ポンプ（三相、200V、750W）、④攪拌機（三相、200V、400W）、⑤移動式固分攪拌機（三相、200V、400W）などで、全設備容量は2.7kWである。

2) 光合成細菌による乳牛ふん尿の濾液処理 光合成細菌は光をエネルギー源として利用できる細菌の総称である。古くは紅色紅菌といわれる土壌細菌の一種とされ、地球上寒帯を除く全地域に水田、溝、河川、湖沼、海底、一般土壌、とくに汚れた湛水状態のところには、ほとんどどこでも存在しているとされている。

この光合成細菌の生育最適温度は30°C前後であるが、馴致することにより、5~45°Cという広温域で生育が可能である。

pHは6.0~8.5の範囲で旺盛に生育する。光合成細菌による効率的な濾液処理のためには次のような条件が必要である。①高分子のものは低分子化する、②BOD濃度は数百ppm~1万ppmであること、③汚染菌の混入を防止する、④低分子化後の汚水中の汚染菌数が $10^4$ 以上の場合、塩素等により滅菌することが望ましい。⑤光合成細菌処理槽に入る汚水の



第3図 光合成細菌による濾液（汚水）処理装置

中の汚染菌数が $10^4$ 以上の場合、塩素等により滅菌することが望ましい。⑤光合成細菌処理槽に入る汚水の

pHは7.0前後に補正する。

第3図は上記条件にしたがって前処理調整して汚水を処理する装置を示したものである。

ここで生産された光合成細菌は低蛋白飼料（例えばテフ付固分飼料）の添加材として用いることにしている。

3) マイクロ波利用による家畜糞尿固分の炭化装置 炭化は空気のない状態で行うのが一般であり、Chaneyらは、600°C以下の温度で炭化した方が、水蒸気賦活に適した炭化物ができると報告している。

筆者らは、マイクロ波照射により約300°C加熱で、セラミック容器（密封）内の固分を炭化し、炭化物としては第1表に示すごとく標準活性炭のほぼ58%の効力をもつ活性炭化物を得ている。

これはマイクロ波加熱の発熱機構の特性を利用した本法の特長である。したがって、ここで製造された活性炭化物は、このままである程度の適用場面（例えば、汚水の濾材としてとか、畜舎の悪臭吸着材として散布するか）が考えられる。

4) 30頭酪農経営をモデルとした飼料のリサイクルシステムの構想 ここで、30頭の酪農経営をモデルとして、本リサイクルシステムに関する試算の一例を示すと、次のようになる。

まず、家畜廃棄物より回収した固分と、更生した飼料の栄養組成の比較を示すと第2表のごとくなる。

第2表 栄養組成の比較（単位：%）

	クロレラ	固分	テフ	テフ付固分	イタリアンライグラス
蛋白質含有率	56.0	3.4	19.3	5.5	9.9
脂肪率	2.7				3.1
水分率	3.8	5.4	4.8	5.3	13.2

テフ（南方系C<sub>4</sub>牧草）付固分の栄養価は、このままでそれほど高いものではないので、これにクロレラ（光

第1表 炭化物の分析値

検体別	区別									備考
	(磁ルツボ：MM)			(セラミック容器：SM)						
	No. 1 (30分)	No. 2 (35分)	No. 3 (40分)	No. 1 (10分)	No. 2 (15分)	No. 3 (20分)	No. 4 (30分)	No. 5 (40分)		
水分 (%)	3.2	3.1	3.8	4.2	4.2	1.8	1.7	1.7	250~300°C 3時間加熱減量(残留有機分) 標準活性炭の吸着能100に対する被検体の吸着能比	
灰分 (%)	20.2	19.0	18.9	19.1	26.1	25.5	27.3	24.1		
炭素分 (%)	63.6	46.6	37.4	40.6	32.4	47.6	25.5	32.1		
揮発分 (%)	13.0	31.3	39.9	36.1	37.3	25.1	45.5	42.1		
吸着能										
糖蜜脱色強度 (高分子物吸着能)	0	0	4.8	0	5.6	13.7	58.0	26.0		
沃度吸着強度 (低分子物吸着能)	11.0	12.3	9.4	13.2	41.7	32.2	13.5	32.6		

注) 磁性ルツボは1回の処理に5個使用した。

合成細菌についても検討している)を添加し、イタリアンライグラス並みの飼料に加工調整する。

この際、関東地域におけるイタリアンライグラスの土地生産力は、 $6.85\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{day}$ 、イタリアンライグラス相当のクロレラの必要土地生産力は  $1.34\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{day}$  となり、イタリアンライグラス相当となるクロレラの添加率は乾物で10.7%となる。したがって、テフ付固分に添加するときのクロレラの必要土地生産力は $0.733\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{day}$  でありよいことになる。

以上のことより、年間約17.2万kgの固分と約31万kgの濾液を回収して、これよりイタリアンライグラス並みのテフ付固分が、年間約20万kg生産されることになる。

この新飼料の利用により、本モデル経営では年間約30%の飼料が節約されることになる。

なお、光合成細菌の添加も有望視できるので、本リサイクリングシステムはさらに有利になることが想定される。

#### 4. 飼料草(南方系牧草テフなど)の利用による家畜廃棄物の飼料化

リサイクリングシステムを完成するためには、前述のごとく、いくつかの技術が必要とするが、ここではその中の一つである家畜廃棄物より回収した固分に  $\text{C}^4$  植物\*<sup>1)</sup> テフを生育せしめ、その短期連続栽培により固分を可食性とする新しい飼料資源開発の可能性を概説する。

1) テフの生育特性: テフ (*Eragrostis abyssinica*) とはラググラス類のスズメガヤ属に分類され、原産地の西アフリカでは一年生の穀実作物として利用されている。これまで、わが国における栽培歴はないものである。

第3表 播種期を異にしたテフ生育日数と収量特性 (単位: 日及びg)

項目	播種期別	5月10日	6月10日	8月10日	9月10日
生育日数		69	56	46	40
1日当り伸長量		1.5	2.3	2.0	0.7
1日当り量		40.2	57.8	58.9	7.5
1日当り乾物量		6.2	7.0	9.4	1.9
1m <sup>2</sup> 当り量		2,774	3,238	2,707	300
出穂始めまでの生育日数		61	48	34	20

\*  $\text{C}^4$  植物:  $\text{C}^4$  ジカルボン酸径路による  $\text{CO}_2$  固定反応系をもっている植物を  $\text{C}^4$  植物と呼ぶ。 $\text{C}^4$  植物の多くはその原産地が熱帯地域であり、 $\text{CO}_2$  の取込み速度(光合成速度)が、 $\text{C}^3$  植物(稲・麦など)に比べて2倍近く大きい。

この種子は赤褐色で細長い楕円形状をしており、大きさ(種子の最大径×長さ)は平均 $0.54 \times 1.06\text{mm}$  となり、1,000粒重が0.25gときわめて小さいのが特徴である。

テフ種子の発芽適温は $28 \sim 32^\circ\text{C}$ 、処理後一昼夜ではほぼ100%近く発芽する。生育に必要な適温度は最低温度 $16 \sim 17^\circ\text{C}$ 以上である。

圃場において、播種期を異にしたときのテフの生育日数と収量は、第3表のごとくなり、テフの生育期間は全生育日数でみても50日前後ときわめて短い。しかもこの短い期間に旺盛な生育を示し、10a当り換算で3t以上の茎葉生産が得られている。

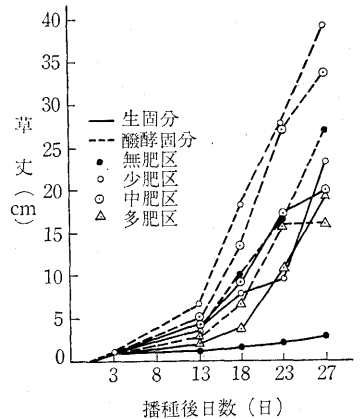
2) テフ付固分の連続生産 この方法は固分(家畜廃棄物より分離したもの)の上にテフ種子を播種し、 $30^\circ\text{C}$  にて一晩かけて発芽させ、その後は最低温度 $18 \sim 19^\circ\text{C}$  以上で $20 \sim 25$ 日間生育させ、 $40 \sim 50\text{cm}$ に生育したところで固分ともども収穫するもので、この工程は連続的に、しかも周年的に行うようにしてある。

そこで、乳牛排泄物より回収した生固分(主として未消化粗繊維物質)と数日間醗酵処理した固分を用い、これに

無肥区、少肥区(N:5g,  $\text{P}_2\text{O}_5$ :8g,  $\text{K}_2\text{O}$ :6g/m<sup>2</sup>)、中肥区(少肥区の倍量)、多肥区(中肥区の倍量)を設け、テフを栽培したところ、

第4図に示すような生育をみた。これによれば、発芽後7日目頃までの生育はやや鈍いが、その後急速に成長し、特に醗酵固分、生固分の少肥区、中肥区の生育が早まっている。

また、生草・乾草収量では土壌栽培にくらべ約20%の増収であった。このように、固分培地上でテフはきわめ



第4図 固分培地におけるテフの生育

うな生育をみた。これによれば、発芽後7日目頃までの生育はやや鈍いが、その後急速に成長し、特に醗酵固分、生固分の少肥区、中肥区の生育が早まっている。

また、生草・乾草収量では土壌栽培にくらべ約20%の増収であった。このように、固分培地上でテフはきわめ

第4表 供試固分の成分分析 (単位: %)

区別	全窒素	磷酸	加里	硝酸態窒素
生固分	0.34	—	1.06	—
醗酵固分	0.43	—	2.00	0.40
中肥区 栽培後の生固分	0.21	0.03	1.56	0.20
中肥区 栽培後の醗酵固分	0.54	0.01	3.06	0.30

て旺盛に生育することが認められている。

3) テフ付固分の可食性 固分ならびに固分を培地として栽培したテフの成分を示すと第4, 5表のとおりである。

これによると、固分にはリン酸は認めないが、窒素はイネ科牧草なみ、カリはその数倍含まれている。しかも醗酵することにより、それらの成分は富化されることが認められる。硝酸態窒素は生固分には認めないが、醗酵固分にはごく僅かであるが存在する。また、テフ乾物中の粗蛋白質は約16%ときわめて高く、これはマメ科植物に等しいレベルである。

第5表 牧草の成分分析 (単位: %)

区 別	水分	粗蛋白質	全窒素	リン酸	加里	カルシウム	硝酸態窒素
生 固 分	4.41	15.66	2.51	1.50	3.44	0.23	0.09
醗酵固分	4.82	15.67	2.51	1.99	4.20	0.23	0.33

注) 両区とも中肥区

テフ中の硝酸態窒素は0.09~0.33%となり、生固分の上で栽培したテフのものであれば家畜に給与しても問題はないものとする。

収穫時(生育期間25日間前後)のテフの根は第5図のごとくなり、固分培地全体にしっかりとマットを形成している。したがって、収穫は生育バットの反転操作だけできわめて容易に行われ、いわゆるテフ付固分ができ上る。

このテフ付固分を乾燥し、細断後乳牛に給与したとこ

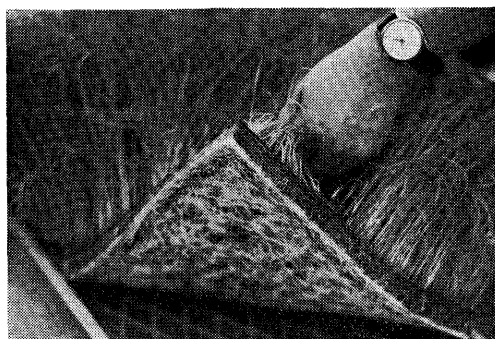
### 新名称登録種苗の解説②

かんきつ「橘うんしゅう」登録番号:第294号 登録者:橘渉(愛媛県伊予市宮下1955番地) 登録期間:5年

「橘うんしゅう」は、橘渉氏が、昭和33年「宮川早生」の変異枝として発見したもので、樹勢は宮川早生と同程度かやや弱い、幼木期の生育はよく、まとまった樹姿を呈する。葉は宮川早生より小さく、密生する。枝梢は節間がつまり、細いため下垂する傾向がある。結果期に入ると枝梢が少なくなり結実歩合が高まる。実どまりがよいので摘果しないと隔年結果に陥り易い。果実の大きさは宮川早生と同程度、果形はやや扁平で果面は滑らかで美しい。果皮は宮川早生より厚く、アルベドが密でほとんど浮果皮にならない。果皮の着色始めは宮川早生より遅く、「南柑20号」と同時期であるが、果面におそくまで青味が残るので完全に着色するのは普通うんしゅうと同じころとなる。じょうろはやや硬い。糖度は高く、酸は宮川早生より低いので甘味比は高い。本種は、離層が果梗の基部に発達するためか、着色すれば手もぎで容易に採取でき、収穫の省力化を図ることができ、しかも風等で落果する恐れはない。

なし「長寿」登録番号:第295号 登録者:神奈川県(横浜市中区日本大通1番地) 登録期間:5年

「長寿」は、神奈川県園芸試験場において、昭和29年に「旭



第5図 テフの収穫

ろ、テフ付固分、テフ付醗酵固分とも、よく採食されることが観察されている。

以上のことより、テフを用いて家畜廃棄物を飼料化することは、きわめて有望であると考えている。

## 5. おわりに

ローマクラブの提言によれば、人類の将来にとって最大の問題は、人口増加に伴う食糧飢餓であり、このために人類は地球規模で食糧増産プロジェクトを展開する必要があると述べている。

このことは、特にわが国において深刻に受けとめる必要があるであろう。ここでは家畜廃棄物利用の観点に立ち、当所で考えているリサイクリングシステムの構想を示し、その技術の一端を概説したが、御批判いただければ幸いです。(生物環境技術研究所)

に「君塚早生」を交配して育成した品種である。本種は、良質な早生種の間色赤なしである。樹勢は中花度、枝梢の発生は少ない部類に属する。結果枝の着生よく、腋花芽の着生は中程度であり、実どまりは良好である。

果実の大きさは250~300g程度、玉揃いはよく、果形はおおむね君塚早生に似ている。果皮色は黄緑褐色で、果点はやや小さく、鮮明で密~中位に分布する。果蕊の大きさは中程度で、果肉色はやや淡黄色を帯びる。肉質は軟かくやや粗であるが、甘味強く、渋味なく、多汁で食味は良好である。収穫期は「早玉」よりややおそく、君塚早生と同時期である。日もちはこの時期のものとしては中程度である。早玉、君塚早生より豊産性だが、過熟果には水浸状ミツ入り症が発生する傾向があるので適期収穫する。(農林省農蚕園芸局果樹花き課 西村昌己)

畑作付方式研究委員会編 B5判 305頁 別冊附図12

## 畑作付方式の分布と動向

一東北六県及び新潟県における一定価1,500円 円280円

多数の図表を収録して、東北6県及び新潟県における作物及び畑作付方式の分布とその動向を全地域並びに各県別に解説。